

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

**БЕНЦАЛ БОГДАН ВАСИЛЬОВИЧ**

УДК 519.216: 612.16

**МЕТОД ОПРАЦЮВАННЯ РЕОГРАФІЧНОГО СИГНАЛУ ДЛЯ  
РОЗШИРЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ  
КОМП'ЮТЕРНИХ РЕОГРАФІВ**

163 «Біомедична інженерія»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2018

Роботу виконано на кафедрі біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри біотехнічних систем  
**Хвостівський Микола Орестович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

**Рецензент:** кандидат технічних наук,  
завідувач кафедри радіотехнічних систем  
**Дунець Василь Любомирович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 26 лютого 2018 р. о 10<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-507.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** За статистичними даними МОЗ України серцево-судинні захворювання є основною причиною смертності. Першопричинами такої статистики є проблеми суспільства, які пов'язані із наукового технічним прогресом, пасивним способом життя та поганою екологією.

Основною задачею медицини на фоні такої невтішної статистики МОЗ України є своєчасна діагностика функціонального стану судинної системи людини шляхом ефективної профілактики захворювання на ранній стадії його розвитку.

Одним із ефективних методів неінвазивного медикобіологічного дослідження стану серцево-судинної системи людини є реографія, яка базується на аналізі зміни провідності біологічної тканини під час її кровонаповнення та відображається у вигляді реографічного сигналу.

Притягнення комп'ютерних реографів, таких як RHEOTEST (Україна, м.Харків), Рео-Спектр-3 (Україна, м.Харків), Cardio-REO (Україна, м.Київ), RheoTest (Молдова, м.Кишинів) та інші, до задачі своєчасної діагностики стану судин людини дають позитивні результати, які відображаються у вигляді інформації - діагностичних ознак. Інформацію, яку видають комп'ютерні реографи залежить математичної моделі реографічного сигналу та методів її опрацювання.

У відомих комп'ютерних реографах для опрацювання реографічного сигналу застосовують кількісний, статистичний, спектральний та вейвлет методи. Ядром таких методів опрацювання реографічних сигналів є математичні моделі у вигляді детермінованих функцій, стаціонарного випадкового процесу та адитивної суміші детермінована функції і стаціонарного випадкового процесу.

Інформацію, яку видають комп'ютерні реографи, відображає показники тільки одного серцевого скорочення, що не є властивим для реографічного сигналу як випадкового та періодичного. Таке не врахування не уможливорює дослідження зміни показників реографічного сигналу в часі, що є важливим при виявленні моменту прояву ранніх змін у функціонуванні судин серцево-судинної системи.

Наведені аргументи вказують на актуальність розроблення математичної методу та методу опрацювання реографічного сигналу зорієнтованих на розширення діагностичних можливостей комп'ютерних реографів шляхом впровадження в область кардіології нового класу інформативних ознак.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є розроблення методу опрацювання реографічного сигналу для розширення діагностичних можливостей комп'ютерних реографів:

1. Провести аналіз відомих математичних моделей реографічних сигналів та методів їх опрацювання для обґрунтування напрямку наукового дослідження.
2. Обґрунтувати структуру математичної моделі реографічного сигналу, яка уможливорює врахування властивостей повторюваності та випадковості, для розв'язання задачі виявлення ранніх змін у функціонуванні судин серцево-судинної системи людини.
3. Розробити метод та алгоритм опрацювання реографічного сигналу на основі обґрунтованої його математичної моделі для розширення діагностичних можливостей комп'ютерних реографів.

Розробити програмне забезпечення на основі методу та алгоритму опрацювання реографічного сигналу як складової одиниці комп'ютерних реографів для проведення експериментальних досліджень.

**Об'єкт дослідження:** процес опрацювання реографічного сигналу.

**Предмет дослідження:** математична модель реографічного сигналу та її опрацювання для розширення діагностичних можливостей комп'ютерних реографів.

Методи дослідження: енергетична теорія стохастичних сигналів, методи цифрового опрацювання сигналів, математична статистика, пакет прикладних програм MATLAB.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше на базі математичної моделі реографічного сигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу та компонентного методу опрацювання розроблено алгоритм та програмне забезпечення комп'ютерних реографів, що уможливило процедуру розширення кількості діагностичних.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у тому, що розроблене програмне забезпечення дає змогу автоматизовано опрацьовувати реографічні сигнали у складі комп'ютерних реографів.

**Апробація.** Викладені в дипломній роботі результати доповідалися і обговорювалися на XX науковій конференції ТНТУ ім. І. Пулюя (17-18 травня 2017 року) та Міжнародній студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“ (26-27 квітня 2018 року).

**Структура та обсяг.** Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 107 сторінках, списку використаних джерел 28 назв на 3 сторінках, додатків на 10 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 120 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі шляхом аналізу відомих математичних моделей та методів опрацювання реографічних сигналів сформовано актуальність роботи, мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях.

У першому розділі «Огляд відомих математичних моделей реографічних сигналів та методів їх опрацювання» проаналізовано наукові праці різних авторів, присвячені досліджуваній проблематиці.

Проаналізовано реографічні сигнали, а саме механізм його породження та основні його характеристики, наведено основні положення, щодо реєстрації реографічного сигналу. Згідно до приведенного огляду математичних моделей РЕО та методів їх опрацювання сформульовано вимоги до побудови нової математичної моделі.

У другому розділі «Метод опрацювання реографічного сигналу» за результатами опрацювання властивостей ймовірнісних характеристик реографічного сигналу та описаних властивостей періодично корельованих випадкових процесів встановлено, що математична модель процесу такого класу дає змогу адекватно описати сигнал, а саме врахувати поєднання стохастичності із

періодичністю сигналу, а тому і розробити методи визначення інформаційних ознак реографічних сигналів виходячи із статистики таких сигналів для задачі своєчасного виявлення ранніх змін у функціонуванні судин серцево-судинної системи людини.

У третьому розділі «Метод опрацювання реографічного сигналу» описано загальну та розширену структурну схему реєстрації та опрацювання реографічних сигналів. Проаналізовано синфазний та компонентний методи, на базі чого вибрано компонентного метод опрацювання РЕО як ПКВП, вибір якого обґрунтовується меншою кількістю умов щодо вибору кількості компонент і операцій, які необхідні для його реалізації. Розроблено алгоритм реалізації компонентного методу опрацювання реографічних сигналів.

У четвертому розділі «Результати опрацювання реографічних сигналів» розроблений блок-схему програмного забезпечення опрацювання реографічних сигналів як періодично корельованого випадкового процесу. За допомогою програмного забезпечення Matlab і інтегрованої утиліти GUIDE розроблено програму для автоматичного опрацювання реографічних сигналів із графічним інтерфейсом користувача, за допомогою якого можна автоматизованого опрацьовувати сигнал, зокрема компонентним методом, з метою виявлення ранніх змін у функціонуванні судин серцево-судинної системи (норма чи патологія).

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано методику проведення медико-біологічних дослідження, а саме реографію, та обґрунтовано вибір УДК тематики за напрямом наукового дослідження.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 58386,70 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розроблено рекомендації по питанням охорони праці при роботі з комп'ютерним реографом шляхом опрацювання негативного впливу електричного струму на обслуговуючий персонал при роботі із системою, способів нормування та захисту від його дії. Проаналізовано заходи організаційно-технічного характеру протипожежного захисту на виробництві комп'ютерного реографа.

У восьмому розділі «Екологія» встановлено, проведенні виробничих процесів монтажу і складання комп'ютерного реографа застосовано технологічні методи і засоби, які створюють мінімальний вплив на навколишнє середовище.

У додатках наведено тексти програм, які розроблено для ПК (ОС Windows).

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі магістра розв'язано актуальну наукову задачу розроблення методу опрацювання реографічного сигналу для розширення діагностичних можливостей комп'ютерних реографів.

При цьому отримано такі результати:

1. У результаті проведено порівняльного аналізу відомих математичних моделей реографічних сигналів та методів їх опрацювання сформульовано основні вимоги до математичної моделі: врахування випадковості та повторності характеру сигналу.
2. Обґрунтовано структуру математичної моделі реографічного сигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, яка на відміну від відомих враховує в собі поєднання властивостей періодичності та випадковості реографічного сигналу, що є властивим для сигналів біологічного походження при розв'язанні задачі виявлення ранніх змін у функціонуванні судин серцево-судинної системи людини.
3. Розроблено метод та алгоритм опрацювання реографічного сигналу на основі математичної моделі у вигляді періодично корельованого випадкового процесу та компонентного методу, що дало змогу обчислити нові інформативні ознаки стану серцево-судинної системи людини у вигляді кореляційних компонент з метою розширення діагностичних можливостей комп'ютерних реографів.
4. Розроблено програмне забезпечення на основі методу та алгоритму опрацювання реографічного сигналу як складової одиниці комп'ютерних реографів, що забезпечило процедуру проведення експериментальних досліджень.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Дозорський В. Г. Метод відбору електроенцефалографічних сигналів / В. Г. Дозорський, Б. В. Бенцал, В. В. Куніц // Матеріали XX наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 17-18 травня 2017 року. – Т. : ТНТУ, 2017. – С. 122. – (Імовірнісні моделі біофізичних сигналів і полів та обчислювальні методи і засоби їх ідентифікації, приладобудування).
2. Бенцал Б. В. Метод розділення електрокардіосигналів плоду та матері у кардіодіагностичних системах / Бенцал Б. В. // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 26-27 квітня 2018 року. – Т. : ТНТУ, 2018. – Том 1. – С. 238–239. – (Біомедична інженерія).

## **АНОТАЦІЯ**

Бенцал Богдан Васильович. Метод опрацювання реографічного сигналу для розширення діагностичних можливостей комп'ютерних реографів. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 163 «Біомедична інженерія», Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

У дипломній роботі магістра обґрунтовано структуру математичної моделі реографічного сигналу у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, яка враховує у своїй структурі повторність та випадковість досліджуваного сигналу і дає змогу розробити ефективні методи отримання цінної діагностичної інформації про стан кровотоку серцево-судинної системи. На базі обґрунтованої математичної

моделі та компонентного методу розроблено метод та алгоритм опрацювання реографічного сигналу, який забезпечує процедуру числення діагностичних ознак у вигляді кореляційних компонент як чутливих показників стану кровотоку серцево-судинної системи людини.

На базі методу та алгоритму розроблено програмне забезпечення в середовищі Matlab для автоматизації процесу опрацювання реографічного сигналу як періодично корельованого випадкового процесу компонентним методом у складі комп'ютерних реографів.

Ключові слова: реографічний сигнал, математична модель, періодично корельований випадковий процес, компонентний метод опрацювання, програмне забезпечення.

## ANNOTATION

Bencal Bohdan. The method of a rheographic signal processing for expanding the diagnostic capabilities of the computer rheographers. - Manuscript.

Master's diplom work on specialty 163 «Biomedical Engineering», Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2018.

In the master diplom work, the structure of the mathematical model of the rheographic signal in the form of a periodically correlated random process is considered, which takes into account the repetition and randomness of the investigated signal in its structure and enables to develop effective methods for obtaining valuable diagnostic information about the state of the blood flow of the cardiovascular system. On the basis of the justified mathematical model and the component method, a method and algorithm for the processing of the rheographic signal is developed, which provides a procedure for calculating diagnostic features in the form of correlation components as sensitive indicators of the blood flow of the cardiovascular system of a person.

On the basis of the method and algorithm software was developed in Matlab environment for the automation of the processing of the rheographic signal as a periodically correlated random process by a component method in the computer rheograph.

Key words: rheographic signal, mathematical model, periodically correlated random process, component method of processing, software, computer rheograph.

